Telecommunications by means of Secondary waves

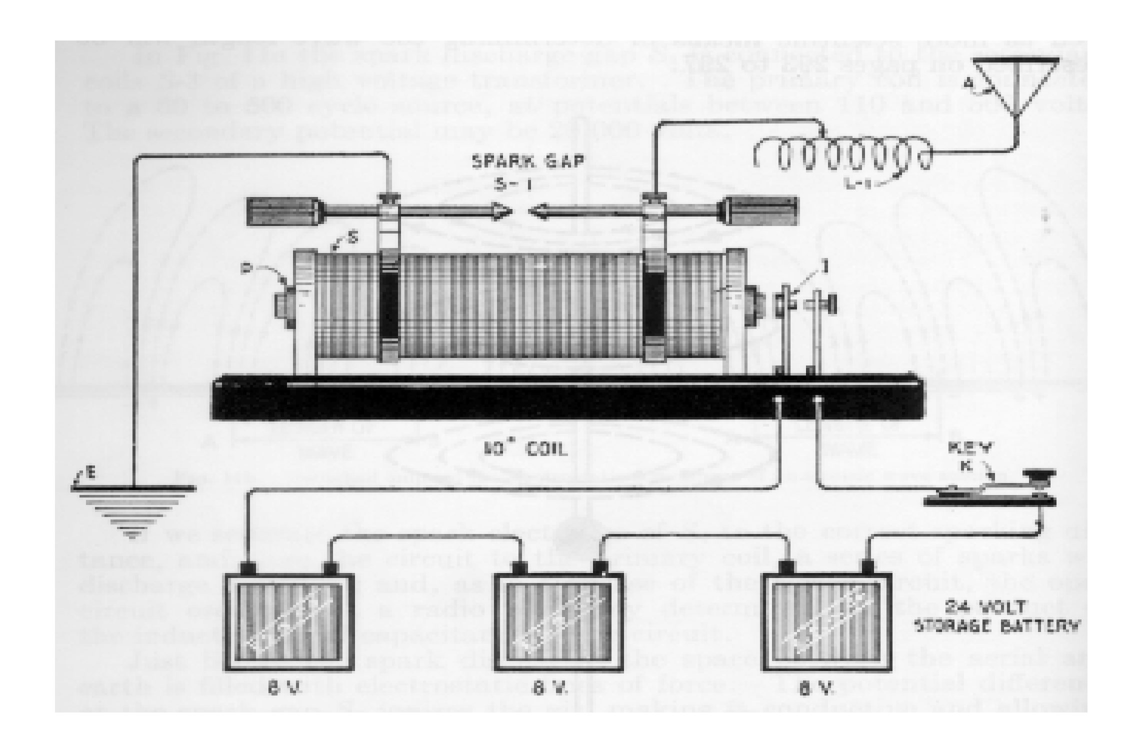


Erlend Ingebrigtsen
erlend@kvarteret.no

0327578

1. Spark transmitter

In September 1895, Galileo Marconi, a self-taught 21-year-old from Bologna, Italy, performed simple experiments that showed it was possible to send signals using electromagnetic waves to connect a transmitting and a receiving antenna.

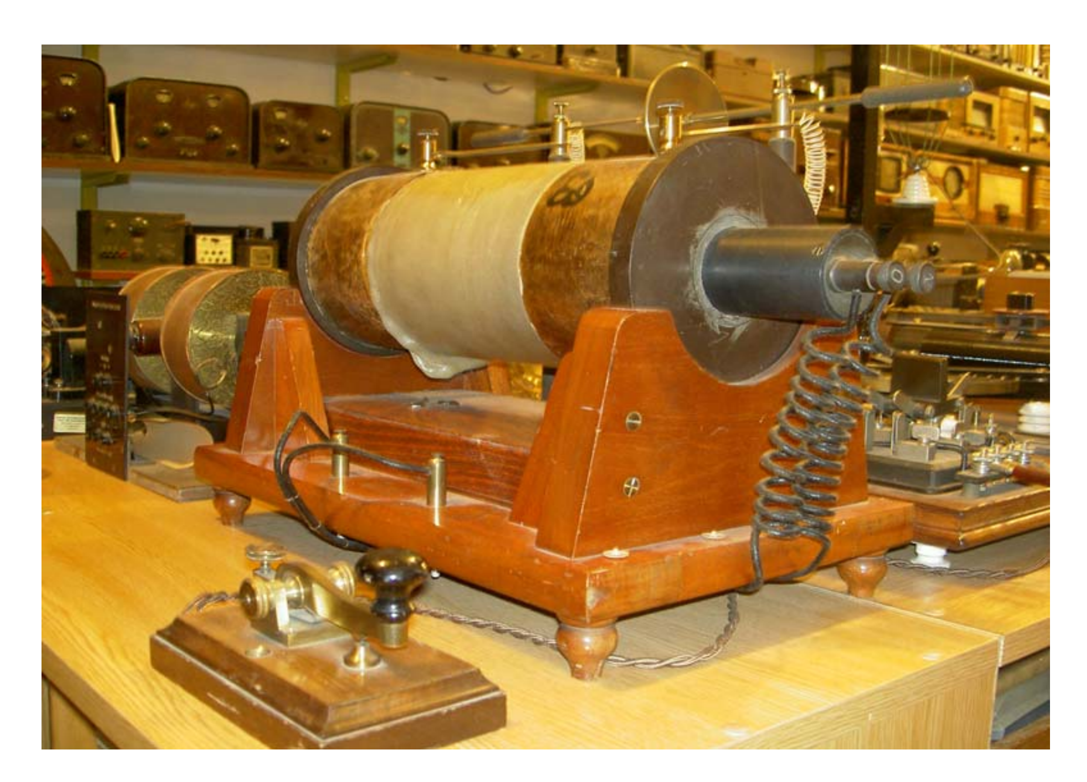


Some of his early wireless transmitters were powered by either low voltage storage batteries, which would produce 5 to 30 volts D.C. The low voltage was fed to one side of a telegraph key. As the telegraph key was depressed, and the circuit closed, current would flow into the primary side of an induction coil. This would induce high voltage currents to flow in the secondary windings of the coil.
These high currents would charge the antenna, and then discharge across the spark gap electrodes to ground. This action would produce magnetic waves for each discharge across the Spark Gap electrodes. The antenna was connected to the induction coil by means of another coil with a moveable tap. A broad band wave would then be radiated from the antenna.

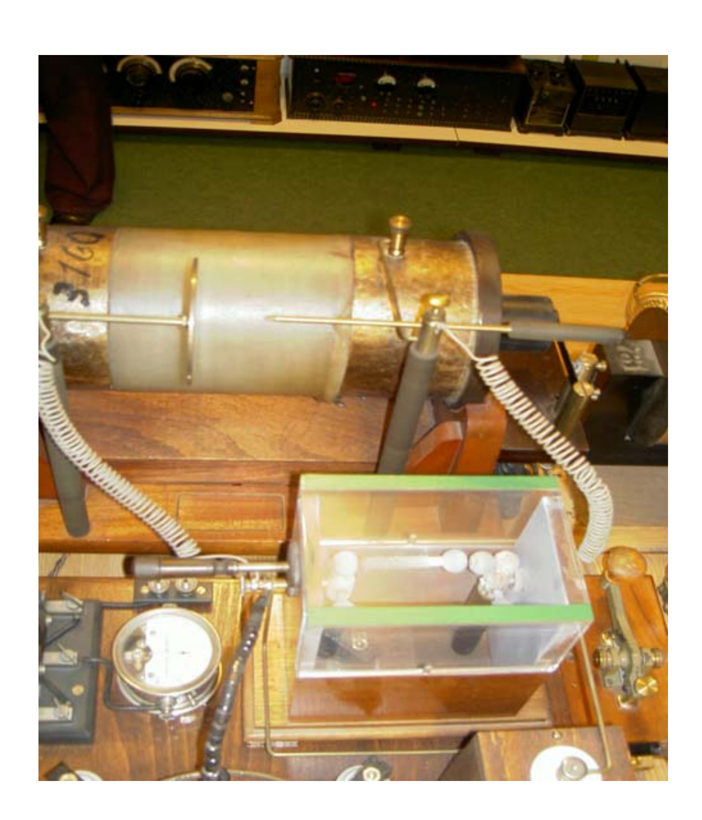


Marconi at his Instrument in the station on Signal Hill, St John's, Newfoundland, from Scientific American

2. Early equipment



Telegraph key and induction coil



Induction coil, safety electrode gap (in the middle) and
Spark gap electrodes (in glass case)

3. First Voices in the Air



Fessenden's Brant Rock station, circa 1906

In 1893 Professor Reginald A. Fessenden came to Pittsburgh to serve as the head of the electrical engineering department at Western University (now the University of Pittsburgh.) While here, Fessenden read of the radio experiments that Guglielmo Marconi was conducting in England and began experimenting himself at a lab at Allegheny Observatory.

Marconi's system could only transmit and receive dots and dashes--Morse code. But Fessenden's goal was to transmit the human voice and music.
To accomplish this he devised the theory of the "continuous wave"--a means to superimpose sound onto a radio wave and transmit this signal to a receiver where the radio wave would be removed, leaving the listener with the original sound. (The continuous wave is the electronic basis that make radio and television transmission possible.)

Fessenden later put the theory into practice and made the first long-range transmissions of voice on Christmas Eve 1906 from a station at Brant Rock, Massachusetts. Astonished ship radio operators hundreds of miles out in the Atlantic heard the program.

Although Fessenden's work made voice radio possible, it would take 10 years and the First World War before it became commonplace. Throughout this period, radio was still seen primarily as point-to-point communication between transmitting stations--a sort of "wireless telephone." The notion of "broadcasting" or transmitting to an audience of listeners was not seen as practical. Radio at that time was used mostly for commercial shipping purposes, but land-based amateur operators began to appear as electronics' technology improved.

4. Development in the United States

Radio During World War One (1914-1919) - Civilian radio activities were suspended during the war, as the radio industry was taken over by the government. Numerous military applications were developed, including direct communication with airplanes. The war also exposed thousands of service personnel to the on-going advances in radio technology, and even saw a few experiments with broadcasting entertainment to the troops.

Expanded Audion and Vacuum-tube Development (1917-1924) - The wartime consolidation of the radio industry under government control led to important advances in radio equipment engineering and manufacturing, especially vacuum-tube technology. Still, some would look toward the day when vacuum-tubes would be supplanted by something more efficient and compact, although this was another development which would take decades to be realized.

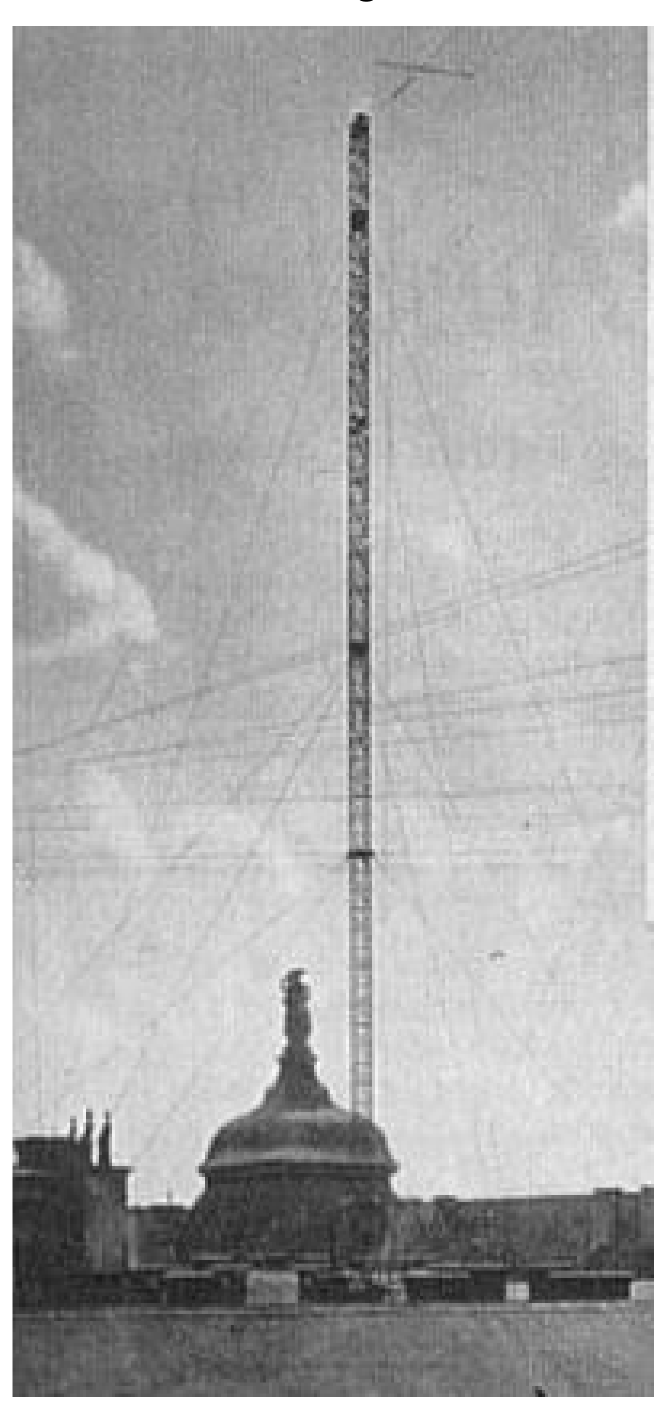
Amateur Radio After World War One (1919-1924) - Although there was concern that amateur radio stations would not be allowed to return to the airwaves after the war, in 1919 the wartime restrictions were ended. And the next few years would see tremendous strides, as amateurs adopted vacuum-tube technology and began to explore transmitting on shortwave frequencies, which resulted in significant increases in range and reliability.

Broadcasting After World War One (1918-1921) - Although still unfocused, scattered broadcasting activities, taking advantage of the improvements in vacuum-tube equipment, expanded when the radio industry returned to civilian control.

Big Business and Radio (1915-1922) - Once the radio industry finally became profitable, major corporations -- including the American Telephone & Telegraph Company, General Electric, and Westinghouse -- moved into the field. Meanwhile, in 1919, due to pressure from the U.S. government, American Marconi's assets were sold to General Electric, which used them to form the Radio Corporation of America.

Broadcasting Becomes Widespread (1922-1923) - Led by Westinghouse's 1920 and 1921 establishment of four well-financed stations -- located in or near Pittsburgh, Boston, Chicago and New York City -- there was a growing sense of excitement as broadcasting activities became more organized. In December, 1921, the Department of Commerce issued regulations formally establishing a broadcast service. Then, in early 1922, a "broadcasting boom" occurred, as a sometimes chaotic mix of stations, sponsored by a wide range of business, organizations and individuals, sprang up, numbering over 500 by the end of the year.

5. Broadcasting in Austria 1923-24



The Transmitter on the roof of the Heeresministerium in Stubenring

Zwischen Juli 1922 und April 1923 bewarben sich insgesamt 12 Betriebergesellschaften für eine Rundfunkkonzession in Österreich.
Am 1. April 1923 begann die Firma Czeija & Nissl mit der Ausstrahlung von Unterhaltungssendungen über einen 100 Watt-Sender unter dem Titel "Radio Hekaphon".
Diese Sendungen waren illegal, wurden aber geduldet. Mittlerweile entwickelten sich unter dem Druck des großen Erfolgs des neuen Mediums die Grundlagen für das spätere Rundfunkunternehmen.

Am 14. Juli 1924 wurde die RAVAG (Radio-Verkehrs-AG) offiziell gegründet, womit Wien den 18. Rundfunksender in Europa hatte.

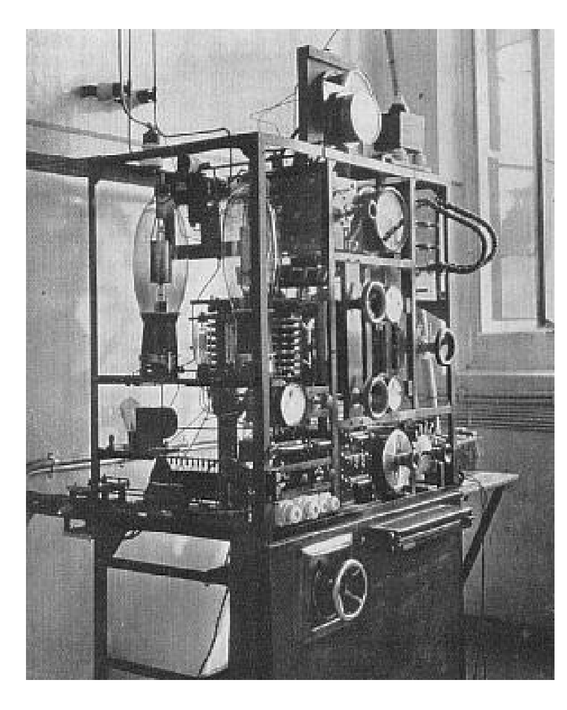
Man beabsichtigte, über einen alten Militärsender im Dachboden des Ministeriums am Stubenring im Zentrum Wiens zu senden. Die ersten Versuchssendungen im April und Mai 1924 brachten ernsthafte technische Probleme an den Tag. Überdies wurde der Sender auch für die Zivilluftfahrt genutzt, wodurch kein durchgehender Rundfunkbetrieb möglich war. Abwechselnd mit dem Versuchssender im Technischen Gewerbemuseum (Radio "Hekaphon") wurden jedoch über mehrere Stunden täglich Versuchssendungen ausgestrahlt.

Es musste daher vor der Aufnahme regulärer Sendungen bei Telefunken ein neuer 350-Watt-Sender für eine halbe Milliarde Kronen (Inflation!) bestellt werden.
Während der Umbauarbeiten im Sommer 1924 kamen die Sendungen nur über den "Hekaphon"-Sender.
Am 27. August 1924 ging der neue Sender im Heeresministerium in Betrieb.

6. Ôsterreich entdeckt das Radio -1924

Am 7. September 1924, an dem die Wiener Herbstmesse eröffnet wurde, begann die RAVAG mit einem mehrstündigen täglichen Musik- und Vortragsprogramm. Am 1. Oktober 1924 nahm die RAVAG schließlich den regulären, tägliche Sendebetrieb auf. Der Erfolg war sensationell.

Trotz der geringen Sendeleistung von 350 Watt stieg die angemeldete Teilnehmerzahl innerhalb von nur 4 Monaten von 11.000 auf über 100.000 an. Wien gehörte damals allerdings mit beinahe 2 Millionen Einwohnern zu den 10 größten Städten der Welt.



The Telefunken-Sender which was used

Im Weihnachtsgeschäft 1924 waren Kopfhörer der große Renner und wurden zur teuren Mangelware. Die Sendeleistung wurde auf 700 Watt verdoppelt und in Graz, der Heimatstadt des Radiochefs Oskar Czeija, wurden die Arbeiten zur Errichtung eines Senders aufgenommen, der am 30. März 1925 in Betrieb ging. Auch für Klagenfurt und Innsbruck wurden Sender bestellt.

1924 kann in ganz Europa das Geburtsjahr des Rundfunks angesehen werden. Innerhalb dieses Jahres stieg die Anzahl der Stationen von 17 auf 54.

Der neue Telefunken-Sender im Dachgeschoss des ehem. Kriegsministeriums am Stubenring in Wien leistete 350 Watt und wurde im Januar 1925 durch eine 2. Verstärkerröhre auf 700 Watt Sendeleistung gebracht.

Die neue Technik der drahtlosen Übertragung wurde ausgiebig genützt. Am 23. April 1925 gab es die erste drahtlose Fernreportage aus London. Doch die Sendetechnik genügte den Ansprüchen bald nicht mehr. Am Rosenhügel, einer Erhebung unweit des Schlosses Schönbrunn und des heutigen ORF-Zentrums, wurde noch 1925 mit dem Bau eines Großsenders begonnen, der über 3 je 85 m hohe Sendemasten mit 7 kW am 30. Jänner 1926 den Betrieb aufnahm. Bereits im Sommer 1927 wurde mit dem Umbau zur Verdoppelung der Sendeleistung begonnen. Der "Großsender" am Rösenhügel in Wien unweit des Schlosses Schönbrunn.

7. Receivers

By the 1920`s it was mainly two types of receivers that was used.



Radio from the late 1920`s with external antenna

Radios

- Expensive
- Complicated (for the time)
- With breakable tubes
- Need power supply



Crystal detector from 1924

Detector/Crystal receiver

- Cheap
- Simple
- Without power supply
- No maintenance required

9. Strange phenomenons



crystal radio rec eiver from 1921

More and more people where starting to listen and use the new media. The number of radios went from 11.000 to over 100.000 in just 4 Months In 1924.

People where curious to try out this new media and they where trying and experimenting with different receivers and configurations, and since the crystal detector was the cheapest the most people where using this receiver.

One phenomena which was noticed early was that people could hear not only noise but voices and conversations while the main broadcast was quiet, typically in the pauses of transmissions, you have to remember that radio broadcasts where not as professional as today, and breaks where many and often.

But this phenomenon was known to change in strength and intensity.
Also what was noticed was that reception could vary greatly depending on your neighbours. Depending on what kind of antenna they had and which program they where listening too.

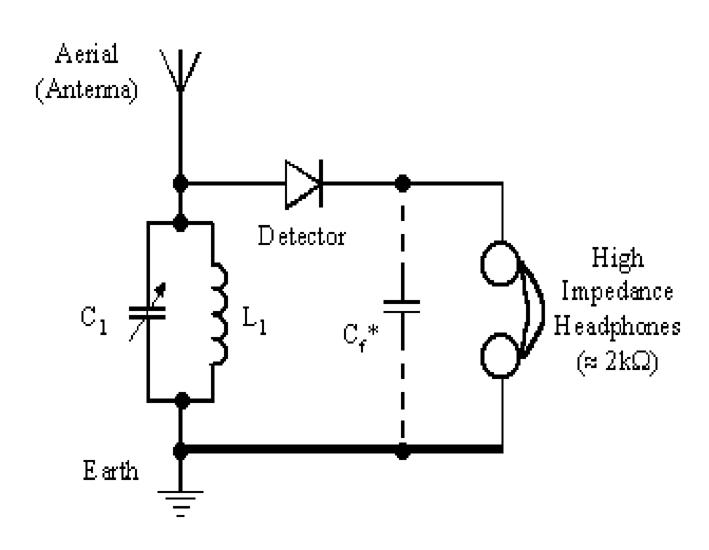
These curiosities where rather well documented in the radio magazines of the time. Of which there were many.

What was soon to become obvious was that crystal detectors, which is a passive receiver, could be used as a sender.
This by simply speaking in to the headphones during the breaks in transmissions.
The range was not great but still giving satisfactory results. This was also possible with normal radios but the crystal detectors where far better at achieving this effect.

The effect they had discovered was the secondary wave modulation.

To understand this effect we need to understand a bit more on how a crystal radio/detector works.

10. How does a crystal radio work?



A crystal radio uses a crystal diode to detect tiny fluctuating currents in its antenna system.

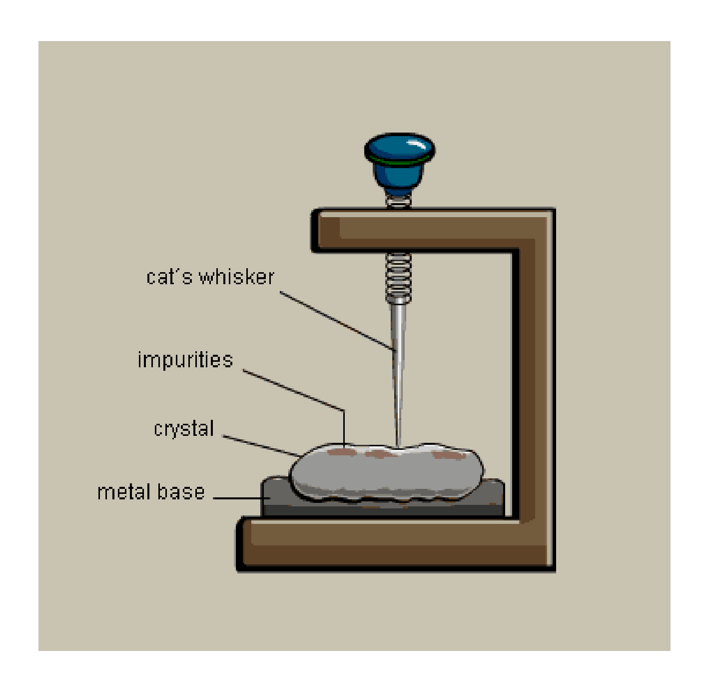
The antenna or aerial consists of a length of wire suspended above the ground, whilst the earth may be a metal spike driven into the ground.
An AM broadcast will set up an alternating voltage between the aerial and the earth. This voltage will cause an alternating current to flow around any circuit connected between the aerial and earth. Thus an alternating current due to the AM broadcast will try to flow through the detector.
Since current can only flow in one direction through the detector, the other half of the alternating current is blocked.
The remaining uni-directional current is filtered by the combined effect of the headphone impedance and the capacitor and only the audio signal current passes through the headphones.

When a capacitor is connected in parallel with an inductor and an alternating voltage applied across the combination, alternating current will flow.
The amount of current that flows depends upon the frequency of the applied voltage.
At a particular frequency, called the resonant frequency, almost no current flows.
For frequencies above or below the resonant frequency, significant current will flow.
In Fig. 1, C1 plus the aerial capacitance forms the capacitor of our tuned circuit, whilst L1 forms the inductor. At the resonant frequency of the tuned circuit, almost no current flows to earth through L1 or C1, leaving virtually all of it free to flow through the detector.
Alternating currents at broadcast frequencies either above or below the resonant frequency will tend to flow through C1 or L1 to earth.
Thus we have added selectivity to the receiver.
Notice that C1 is adjustable, as signified by the arrow.
By varying C1 we can tune the receiver to select broadcast frequencies over a wide range. Notice also that since the aerial forms a significant part of the tuning capacitance, varying the length of the aerial will vary the range that the receiver can be tuned over using only C1.



57 rundfunk wisi from 1932

10.1. Principal of crystal



Drawing of crystal with tuning holder

Touching against the crystal was something called a cat's whisker, a tiny metal wire often composed of steel or even gold. By moving it, the radio user tried to find one of the so-called "magic spots." The reason for this name was that only small areas on the crystal would make the radio function - just like magic. When the whisker was positioned over a "magic spot" an electrical signal travelled down the metal wire and through the crystal. When this happened you could hear the music being transmitted from the radio station. The crystal allowed the music to pass but not the noise. This was an example of a phenomenon called rectification. Rectification means that an electrical current is only allowed to pass in one direction and not in the other. In the crystal radio the cat's whisker and the crystal worked as a rectifier.

10.2. Material

The crystal was often made of galena (lead sulphide), iron pyrite (fool's gold), zincite (zinc oxide) and sometimes the elements germanium or silicon.



Showcase at Erstes Österreichisches Funk- und Radiomuseum
Showing the most common minerals.

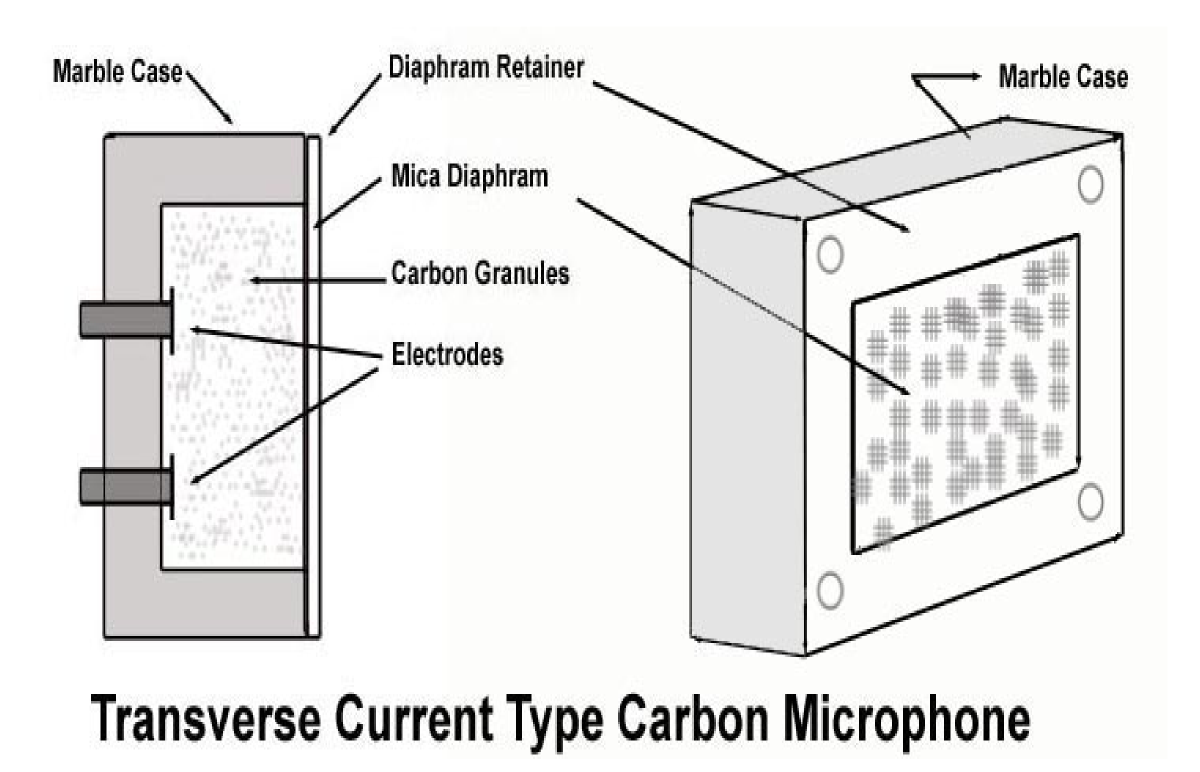
11. Microphones

People soon found out that by replacing the head phone with a microphone, it was possible to enhance the effect of secondary waves.

The microphone they where using was mostly Carbon microphones, as the name would suggest, it uses carbon as the active element to change the sound wave vibrations into electrical flow.

11.1. Transverse current type

One form of Carbon Microphone is the Transverse Current type. Which consists of a body of carbon granules into which is placed two electrodes, the carbon granules are held in a case made of a non conductive material and are covered with a non conductive diaphragm.

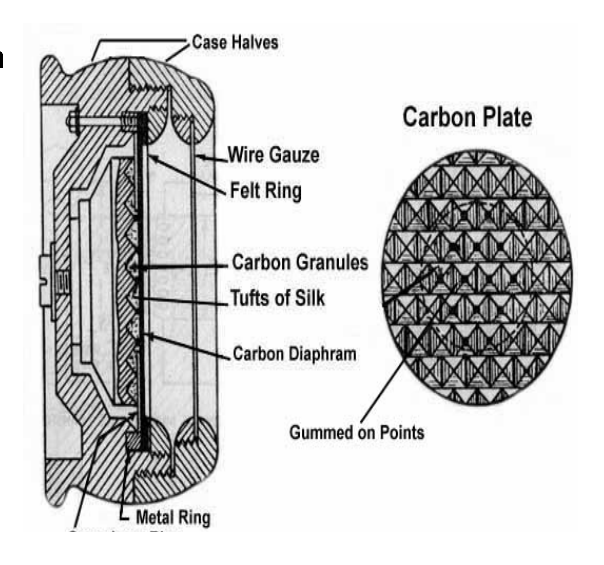


Transverse Current Type Carbon Microphone

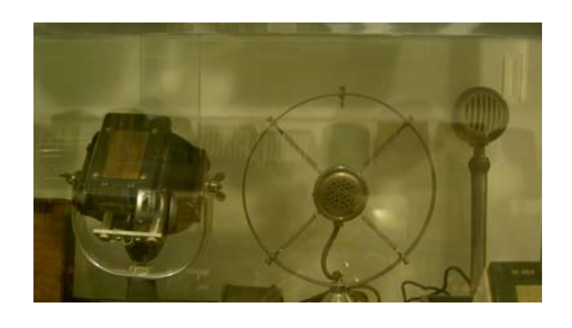
As sound waves impinge on the diaphragm, so causing it to vibrate, the carbon granules are moved and compressed which alters the resistance.
The earliest form of this type of microphone is the 'RIESZ' so named after its inventor.
It utilized a Marble block as the container with a thin film of Mica sheet as the diaphragm.
Marble was used because of its very low natural resonant frequency. Wood was another medium also used for the case.
This type of microphone was either sat directly on the desk or stand or if vibration was a problem it was suspended in a frame by springs or cords to isolate it from the source of vibration.

There were many, many varieties of this type of microphone and quite often they were produced by home constructors in the 1920's & early 1930's.

11.2. Diaphragm microphone



Another type of carbon microphone is the Diaph
It utilizes a thin carbon diaphragm or a rubber diaphragm coated on one side with fine carbon dust and secured around it's edge so that it lies closely to a carbon disk. These form the two electrodes of the microphone, connections being taken from them to the microphone terminals. The space between the two discs is filled with carbon granules which under normal conditions will be under slight pressure.
When sound waves impinge on the diaphram they cause it to vibrate so that the resistance between the two carbon surfaces varies approximately in an inverse ratio to the pressure between them. Consequently, the resistance of the microphone will be varied in accordance with the impinging sound vibrations. Another type of carbon microphone is the Diaphragm microphone, it utilizes a thin carbon diaphragm or a rubber diaphragm coated on one side with fine carbon dust and secured around it's edge so that it lies closely to a carbon disk. These form the two electrodes of the microphone, connections being taken from them to the microphone terminals. The space between the two discs is filled with carbon granules which under normal conditions will be under slight pressure.
When sound waves impinge on the diaphragm they cause it to vibrate so that the resistance between the two carbon surfaces varies approximately in an inverse ratio to the pressure between them. Consequently, the resistance of the microphone will be varied in accordance with the impinging sound vibrations.



Typical carbon microphones from the era.
The microphones where suspended in springs
to minimize vibration and background noise

12. Franz Weinstock

One person who was doing an extensive work on secondary wave radiation was Franz Weinstock from Ilmenau, Thüringen.

He started early developing the ideas and theory behind the secondary wave effect. He also had great expectations considering this new way of communicating.

Here is how he explains secondary wave radiation in 1931.

Die Modulation der Sekundärstrahlung.

Von Franz WEINSTOCK, Ilmenau, Thür.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Licht, Röntgenstrahlen, Wärme und Radio elektromagnetische Vorgänge sind, die sich voneinander nur durch ihre Wellenlänge unterscheiden. In ihren äußeren Erscheinungen sind sie dagegen sehr abweichend, ihre gemeinsame Herkunft tritt aber besonders bei den Übergangswerten immer wieder hervor. Der Gedanke ist sehr naheliegend, daß man die Methoden, Verfahren und Erfolge der einen Erscheinungsform auch in die andere Erscheinungsform überpflanzen kann. Erfolge der Optik kann man z. B. auf die Radio- oder Röntgentechnik übertragen. Bei den klassischen Experimenten von Heinrich Hertz war dies schon das leitende Motiv, und auch heute wird noch in dieser Richtung eifrig weitergearbeitet.

Nehmen wir sogleich eine optische Erscheinung: die Zurückwerfung des Lichtes. Wird ein Körper von einem Lichtstrahl getroffen, so wird der Körper, je nach seiner Beschaffenheit, den Lichtstrahl teilweise verschlucken (absorbieren) und teilweise zurückwerfen (reflektieren). Die vom Körper zurückgeworfenen Lichtstrahlen treffen dann unser Auge, und auf diese Weise nehmen wir den Körper optisch wahr. Wir erkennen seine Form und sehen, ob er hell oder dunkel ist. Wir können also die Gegenstände, da sie selbst nicht leuchten, nur dann sehen, wenn sie von einer Lichtquelle Licht empfangen und dieses zurückwerfen. Das zurückgeworfene Licht, das auf seinem Weg in unser Auge gelangt, trägt schon das Gepräge des Gegenstandes. Der Gegenstand reflektiert das Licht der Lichtquelle (des Primärstrahlers) schon moduliert, das heißt für ihn selbst charakterisierend verändert (Sekundärstrahlung). Hier haben wir also einen Primärstrahler, dessen Einstrahlintensität überall die gleiche sein soll, so daß dann Lichtwellen gleicher Stärke ausgesendet werden. Die Modulation geschieht bei der Zurückwerfung, das heißt bei der Sekundärstrahlung. Die Sekundärstrahlung des Lichtes ist für unser ganzes Leben von entscheidender Wichtigkeit. Ohne sie kann man sich das ganz irdische Dasein nicht vorstellen.

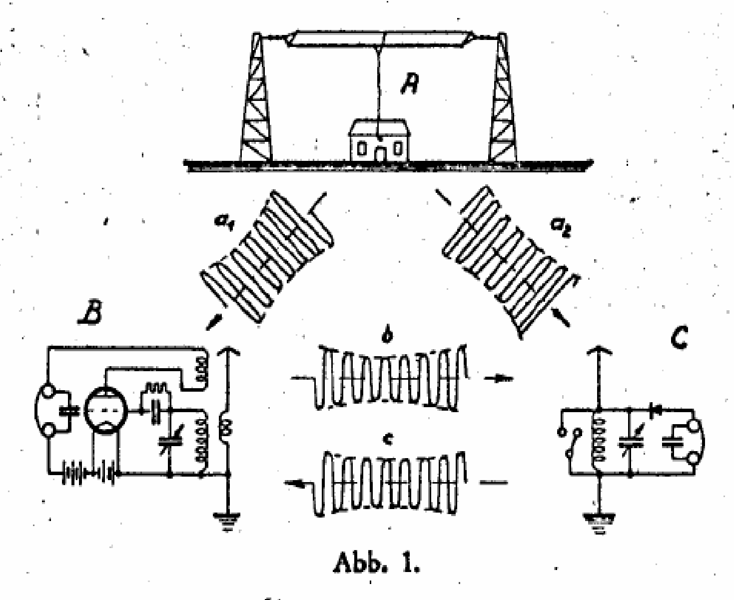


Abb. 1.

Die optische Analogie der Radiosendung ist auf folgende Weise gegeben: wir haben eine Lichtquelle, die mit einer gewissen Regelmäßigkeit ihre Stärke ändert, und in welche wir mit unseren Augen hineinblicken. So eine modulierte Primärlichtquelle ist z. B. die Glimmlampe des Fernsehapparats oder irgendeine Lichtsignaleinrichtung usw.

Bei den Radiowellen ist aber auch eine Zurückwerfung wahrzunehmen. Treffen die Radiowellen auf elektrische Leiter, so werden sie auch teilweise verschluckt und teilweise zurückgeworfen. Könnte man vielleicht die zurückgeworfenen Wellen modulieren, wie es auch mit dem Licht geschieht, das heißt nicht wie beim heutigen Radiosender, Modulation beim Primärstrahler, sondern bei der Zurückstrahlung (Modulation beim Sekundärstrahler). Das gelingt nun tatsächlich, was man mit einigen interessanten Experimenten auch beweisen kann. Wir wollen aber vorher die Sekundärstrahlung der Radiowellen näher betrachten, wir wollen sehen, wie sie entsteht

und welchen Gesetzen sie allgemein unterworfen ist. Wir gehen von zwei Grundgesetzen aus:

1. Treffen die ausgesandten Radiowellen auf elektrische Leiter, so induzieren sie in diesen Leitern Hochfrequenzspannungen. Dies gilt nicht nur für die allgemein bekannten Empfangsantennen, sondern für jeden elektrischen Leiter.

2. Jeder elektrische Leiter, in dem Hochfrequenzstrom zirkuliert, strahlt elektromagnetische Wellen aus, unabhängig davon, wie der Strom in ihm entsteht. Bei der Sendeantenne stammt der Hochfrequenzstrom aus den Apparaten der Sendereinrichtung selbst. Wegen der Milderung dieser eine Störung verursachenden Sekundärstrahlung hat man den Antennenmast der Senderstation von Mühlacker aus Holz konstruiert. In einiger Entfernung vom Sender wird aber nur ein kleiner Bruchteil der einfallenden Energie rückgestrahlt. Die Verluste sind zu groß, so daß man das Vorhandensein der Sekundärstrahlung nur in ganz kleiner Entfernung nachweisen kann. Das Bild ändert sich aber sofort, wenn der reflektierende Leiter mit der ankommenden Welle in elektrischer Resonanz steht. Dieser Fall ist z. B. bei einer abgestimmten Antenne wohl möglich. Die Verluste sind in diesem Falle lange nicht so groß, und ein erheblicher Teil der einfallenden Energie wird wieder zu elektromagnetischen Wellen.

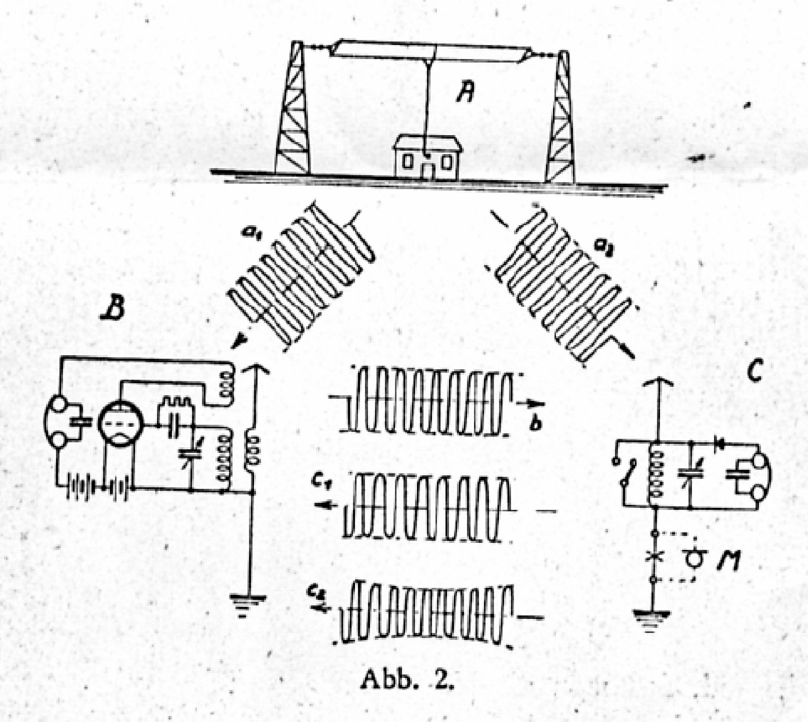


Abb. 2.

Man kann sich aber auch vorstellen, daß dieser Hochfrequenzstrom von außen her durch Radiowellen in die Senderantenne hineingeleitet wird, die dann regelmäßig dieser Stromstärke entsprechend strahlen wird, da in ihr Hochfrequenzstrom zirkuliert.

Ein elektrischer Leiter wirft also die elektromagnetischen Wellen in der Weise zurück, daß er neue Wellen produziert, die durch die von außen kommenden Primärwellen entstehen. Die reflektierte Welle hat dann dieselbe Wellenlänge wie die Primärwelle.

Im allgemeinen ist die Stärke der Sekundärstrahlung, die von eisernen Stützen, Blechdächern usw. zurückgeworfen wird, nicht von Bedeutung; sie kann aber unter Umständen bedeutungsvoll sein. Der Antennenmast der Budapester Sender, 20 kW, strahlt eine so starke Sekundärstrahlung aus, als würden zwei Sender von je 3 kW in Tätigkeit sein (Angaben von Postoberingenieur Magyari).

Diese zurückgeworfenen, parasitären Wellen stören den Radioempfang in sehr großem Maß. Wir wollen einmal prüfen, wie sich zwei benachbarte, in normalen Empfangsverhältnissen stehende Empfangsantennen durch ihre Sekundärstrahlungen gegenseitig stören (Abb. 1). Der Sender A ist in Tätigkeit. Er strahlt modulierte Hochfrequenzwellen a_1 und a_2, die wir mit dem Röhrenempfänger B und mit dem benachbarten Kristallempfänger C, auf den Sender abgestimmt, empfangen. In den Antennen der Empfänger B und C zirkuliert Hochfrequenzstrom, und infolgedessen wird aus den beiden Antennen eine Sekundärstrahlung ausströmen, und die beiden Empfangsantennen empfangen plötzlich zwei Wellen mit gleicher Wellenlänge und gleicher Modulation, jedoch verschiedener Herkunft. Der Empfänger B erhält

gibt folgende Anordnung (Abb. 4). Wir können auch in die Antenne des Systems AB ein Mikrophon einschalten und dabei den Sekundärsender C mit einem Kristalldetektor und einem Kopfhörer bereichern. Mit Hilfe dieser Einrichtung kann man miteinander auf derselben Welle sprechen. Wir setzen den AB-Sender in Betrieb. Er wird unmodulierte Wellen a_1 ausstrahlen. Wir sprechen auf das Mikrophon M und erhalten und hören in dem Kopfhörer T_2 beim System C die Wellen a_2. Hört man mit dem Sprechen auf, so strahlt der Sender AB wieder die unmodulierte Welle a_1 aus. Diese kommt bei C an und wird von hier durch das Mikrophon M_2 moduliert nach AB zurückgeworfen (Welle c), wo wir dann mit dem Kopfhörer T_1 das bei C Gesprochene abhören können usw.

Die Entwicklung der Radiotechnik lief bisher im Zeichen der Entfernungsrekorde ab. Die Möglichkeit, Hochfrequenzsignale auf ganz kurze Entfernung zu verwenden, wurde vernachlässigt. Der Grund dieser Vernachlässigung ist die Tatsache, daß die Lokalisierung der Strahlung mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist und dadurch der schon sowieso totgeärgerte Rundfunkempfang noch mehr gestört wird. Das Reich der Sekundär- und Ultrakurzwellen bietet aber eine große Möglichkeit für die Entfaltung der Hochfrequenzsignale auf kurze Entfernung. Nicht bloß die Möglichkeit des Telephonierens und Telegraphierens, sondern die Einführung neuer Meß- und Registrierapparate steht in Aussicht. Wir können jede Änderung, die in dem Strahlungsvermögen des Sekundärsenders sich vollzieht, bei dem Senderempfänger AB registrieren. Wir können Lichtsignale vermitteln, wenn wir den Sekundärsender mit Selen kombinieren. Die Kombinierung mit gerichteter Sendung oder mit Quarzkristall kann viele Möglichkeiten bieten, unter denen vielleicht einige sich als wichtige Gebrauchsgegenstände des alltäglichen Lebens behaupten werden. Man kann mit dem Sekundärsender sehr viele solche Probleme lösen, deren Lösung für den Primärsender unmöglich war.

Die Hauptvorteile des Sekundärsenders sind: er hat keinen Strombedarf und man kann ihn deshalb auch dort aufstellen, wo ein Primärsender, der mit Strom versorgt werden muß, nicht aufstellbar ist. Der Sekundärsender ist dauernd in Sendebereitschaft. Er ist sehr leicht und beansprucht ein Minimum an Raum, benötigt keine Aufsicht und hat keine Bestandteile, die der Abnützung ausgesetzt sind, keine Betriebskosten, bietet die Möglichkeit des Telephonierens auf gleicher Welle. Eine neue Welt mit ungeahnten Möglichkeiten ist das Reich der Sekundärstrahlung.

Den in diesem Artikel besprochenen Sekundärsender kann man auch aus dem Prinzip der sogenannten Absorptionsmodulation ableiten. Abb. 5 zeigt das Prinzip einer Wellenfalle, nur ist in dem Schwingungskreis noch ein Mikrophon vorhanden. Beim Besprechen des Mikrophons werden die Amplituden im Schwingungskreis entsprechend dem Sprechstrom gehemmt, das heißt sie werden moduliert. Wenn wir jetzt die Verbindung zwischen 1 und 2 lösen, die Antenne mit dem Punkt 2 und die Erde mit Punkt 1 verbinden, so wird aus der Wellenfalle mit geschlossenem Schwingungskreis eine solche mit offenem Schwingungskreis, das heißt ein offener Modulationskreis. In diesem Falle können wir die Entfernung zwischen L_1 und L_2 erheblich vergrößern, und wir sind wieder beim Sekundärsender angelangt. Dies können wir als Fernmodulation bezeichnen.

Die Rückwirkung der Sekundärseite auf die Primärseite tritt ja auch bei jedem Transformator auf. Eine ausführliche Besprechung dieser Sachen ginge über die Rahmen dieses Artikels, sie soll daher nur wegen des Zusammenhanges erwähnt werden.

die modulierte a_1-Welle des Primärsenders A und auch die von dem „Sekundärsender" C zurückgeworfene c-Welle. Der Empfänger C empfängt dagegen die a_2-Welle des Primärsenders A und die b-Welle des Sekundärsenders B. Die beiden Wellen summieren sich, und es entsteht eine Verstärkung oder eine Abschwächung, je nachdem, in welcher Phase die Wellen einfallen. Es hängt von dem Verhältnis der drei Antennen untereinander und von der Wellenlänge ab, in welcher Phase die

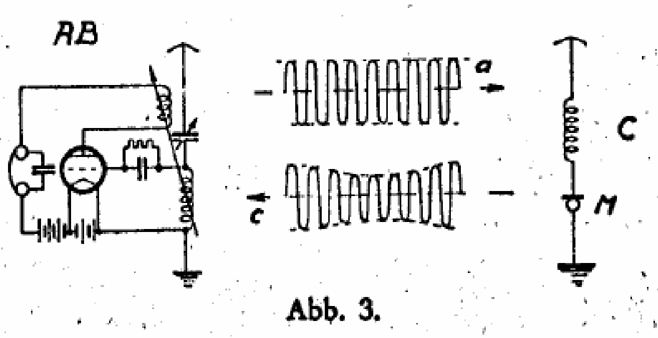


Abb. 3.

Wellen einfallen. Die Vorausberechnung ist allerdings wegen der vielen Nebenumstände unmöglich. Schwächen sich die beiden Wellen gegenseitig ab, so wird der Empfang in dem Empfangsgerät B plötzlich vermindert, sobald wir den Kristallempfänger C in Betrieb setzen. Diese Erscheinung ist der Schwächung, die durch meteorologische Verhältnisse entstehen (Fading), sehr ähnlich und wird auch damit oft verwechselt. Diese „Falschfadingerscheinung" tritt dann noch stärker hervor, wenn der Empfänger C nur aus einem einfachen, rückgekoppelten Audion besteht, mit dessen Rückkopplung wir nahe an die Grenze der

Schwingungserzeugung gehen. Primärstrahlung ist also noch nicht vorhanden. Der größte Teil der Verluste wird durch die Rückkopplung aufgehoben und die Sekundärstrahlung wird stärker. Dadurch wird der Empfang bei B noch schwächer; er verschwindet sogar oft gänzlich. In diesen Fällen pflegt eine interessante Verzerrungserscheinung aufzutreten. Man kann oft beobachten, daß der Empfang durch die Verzerrung plötzlich vollständig unverständlich und abwechselnd verstärkt und abgeschwächt wird. Das ist die Folge der Manipulationen am benachbarten Apparat.

Wie entsteht die Verzerrung? Durch die übertriebene Rückkopplung wird die Resonanzkurve des Schwingungskreises in dem Empfänger C so scharf, daß der Rand des aus dem Sender A kommenden modulierten Wellenbündels abgeschnitten wird und in dem Empfänger C Verzerrung entsteht. Das ist eine bekannte Erscheinung. Die Welle, die aus dem Sekundärsender C ausströmt, hat nicht mehr dieselbe Modulation wie die Welle von A. Infolge der zu scharfen Resonanzkurve des Sekundärsenders C hebt sich ein bestimmtes Wellenband heraus und wird stärker ausgestrahlt wie die anderen Teile des modulierten Wellenbündels, und dadurch wird im Empfänger B die Abschwächung dieser Wellenlänge besonders eintreten. Werden z. B. in dem Empfänger C die tiefen Töne bevorzugt, so werden in B gerade diese Töne am stärksten abgeschwächt.

Dieselben Erscheinungen sind auch dann vorhanden, wenn sich die Primär- und Sekundärwellen bei ihren Zusammentreffen gegenseitig unterstützen. Es wird dadurch nur statt Schwächung eine Stärkung entstehen. Hierdurch ist auch der oft beobachtete Fall zu erklären, daß man ganz entfernte Sender mit dem Kristallempfänger C empfangen kann. Allerdings kann dies nur dann sein, wenn der Empfänger B in Tätigkeit ist. In diesem Falle war die Primärstrahlung allein nicht genügend stark zum Ansprechen des Kristalls, aber durch ihre Vereinigung mit der Sekundärstrahlung des Empfängers B erreicht sie jene Größe, die eine Gleichrichtung durch Detektor ermöglicht.

Nehmen wir jetzt den Fall an, daß der Sender A ungedämpfte, unmodulierte Wellen ausstrahlt (Programmpause). Anordnung nach Abb. 2. Sowohl bei B wie auch bei C hören wir die unmodulierten Wellen nicht, obzwar die Sekundärstrahlung von B den Strom in der Antenne C durch Sekundärstrahlung b beeinflußt, da die Welle b vollständig gleichmäßig ist, eine genau so große Wellenlänge hat wie die Primärwelle a_2 und dadurch keine

Modulation und kein Interferenzton entstehen kann. Genau so ist es auch umgekehrt; die aus C ausströmende Welle c_1 verursacht keine hörbare Schwingung in dem Empfänger B. Wenn man aber den Erdschalter der Empfängerantenne C ein- und ausschaltet, hört man im Empfänger B jedesmal ein typisches Geräusch. Die Welle C verschwindet, genauer gesagt, wird durch die geerdete Antenne sehr geschwächt und kommt wieder zum Vorschein, je nachdem ob man aus- oder einschaltet. Dadurch fließt im Empfänger B entweder die

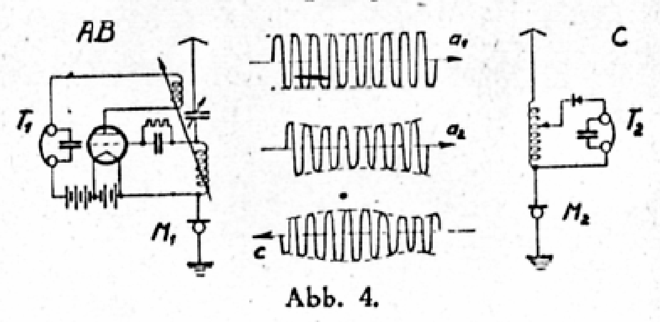


Abb. 4.

Welle a_1 allein oder die Summe, bezw. Differenz der Wellen a_1 und c_1. Diese Änderung, die eigentlich die Änderung der Stärke der Grundwelle ist, hören wir in diesem Fall. Durch das Ein- und Ausschalten der Erdschalter wird das Strahlungsvermögen im System C geändert. Wenn das System C auf Empfang geschaltet ist, dann sind die Verluste, da die Antenne in Resonanz ist, klein und die Ausstrahlung groß. Wenn das System C geerdet wird, dann ist für die verwendete Wellenlänge keine Resonanz vorhanden, die Verluste sind groß und die Ausstrahlung wird bedeutungslos.

Wenn der Schalter durch irgendeine Konstruktion sehr schnell, z. B. fünfhundertmal pro Sekunde, ein- und ausschaltet, so wird man beim Empfänger B statt Geräusch einen Ton hören. Man kann aber in B nicht nur eine solche grobe Unterbrechung, sondern auch eine menschliche Stimme wahrnehmen, wenn z. B. ein Kohlemikrophon, das mit der Antenne C in Serie liegt, besprochen wird. Das Strahlungsvermögen des Systems C ändert sich nach der Frequenz der Sprache, und diese Änderung können wir im System B auffangen (Welle c_2). Wir können also aus dem System C nach dem System B telephonieren, wobei wir die Energie des Senders A dafür verwenden. Diese Erscheinung wurde auch schon sehr oft beobachtet. Wenn der Ortssender in Tätigkeit ist (aber ohne Modulation), so kann man zwischen zwei benachbarten Antennen durchhören. Wenn wir nämlich auf den Kopfhörer draufsprechen, so ändert der Kristalldetektorkreis seinen Widerstand, die Dämpfung des Antennensystems ändert sich auch, und das Gespräch wird in B hörbar. Es wird in B auch zu hören sein, wenn man auf dem Kristall den sogenannten empfindlichen Punkt sucht oder wenn in der Antenne von C Wackelkontakte vorhanden sind. Diese sind Störgeräusche ähnlich den atmosphärischen und treten als Folge der Dämpfungsänderung der Antenne auf.

Diese Beobachtungen sind die Grundidee des folgenden Experiments. Den Sender A lassen wir weg. Die Grundwelle wird durch den Empfänger B erzeugt, und zwar auf die Weise, daß wir ihn stark rückkoppeln, damit er Primärstrahler wird, der dann auf der Grundwellenlänge des Systems B und C unmodulierte Wellen ausstrahlt. Diese unmodulierten Wellen a erreichen die Antenne des Sekundärstrahlers C, von wo sie durch das Mikrophon moduliert zum Empfänger zurückgestrahlt werden, durch dessen Kopfhörer wir die modulierte Welle c abhören können.

In diesem System wird also die Energie durch den Empfänger geliefert, und dadurch wird der Sender außerordentlich einfach. Eine Induktionsspule, ein Kohlemikrophon, die Antenne und der Sender ist betriebsfertig. Das Außenmaß des Senders ist so klein, daß er

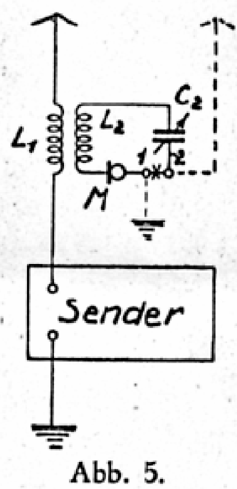


Abb. 5.

wirklich in der Westentasche zu tragen ist. Ein Abstimmkondensator ist überflüssig. Das System C hat eigene feste Wellenlänge, die Abstimmung auf diese Welle geschieht in System B.

Die Tätigkeit des Senderempfängers AB ist doppelt. Er sendet Wellen und empfängt auch die zurückgestrahlten Wellen. Der Sekundärsender C ist in der Lage, durch die Änderung des Ohmschen Widerstandes seines Mikrophons die aus dem System AB empfangenen Wellen moduliert zurückzustrahlen.

Die Weiterentwicklung dieses Systems er-

14. More contributions to the secondary wave modulation

In the late 50`s Friedrich von Rautenfeld which was researching the same field made some improvements.

Particularly that the use of dipoles would greatly improve the secondary wave reception.
This as the directionality of the dipol is better suited to take maximum effect of the secondary reflection / modulation.
Other improvements was the need for correct alignment of the sender/receiver, this to ensure that the right phase was received.

Other fields of research was the secondary modulation in the HF & VHF ranges

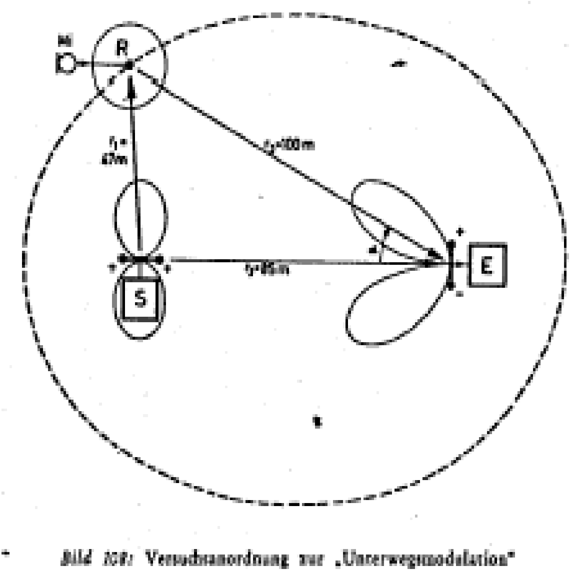
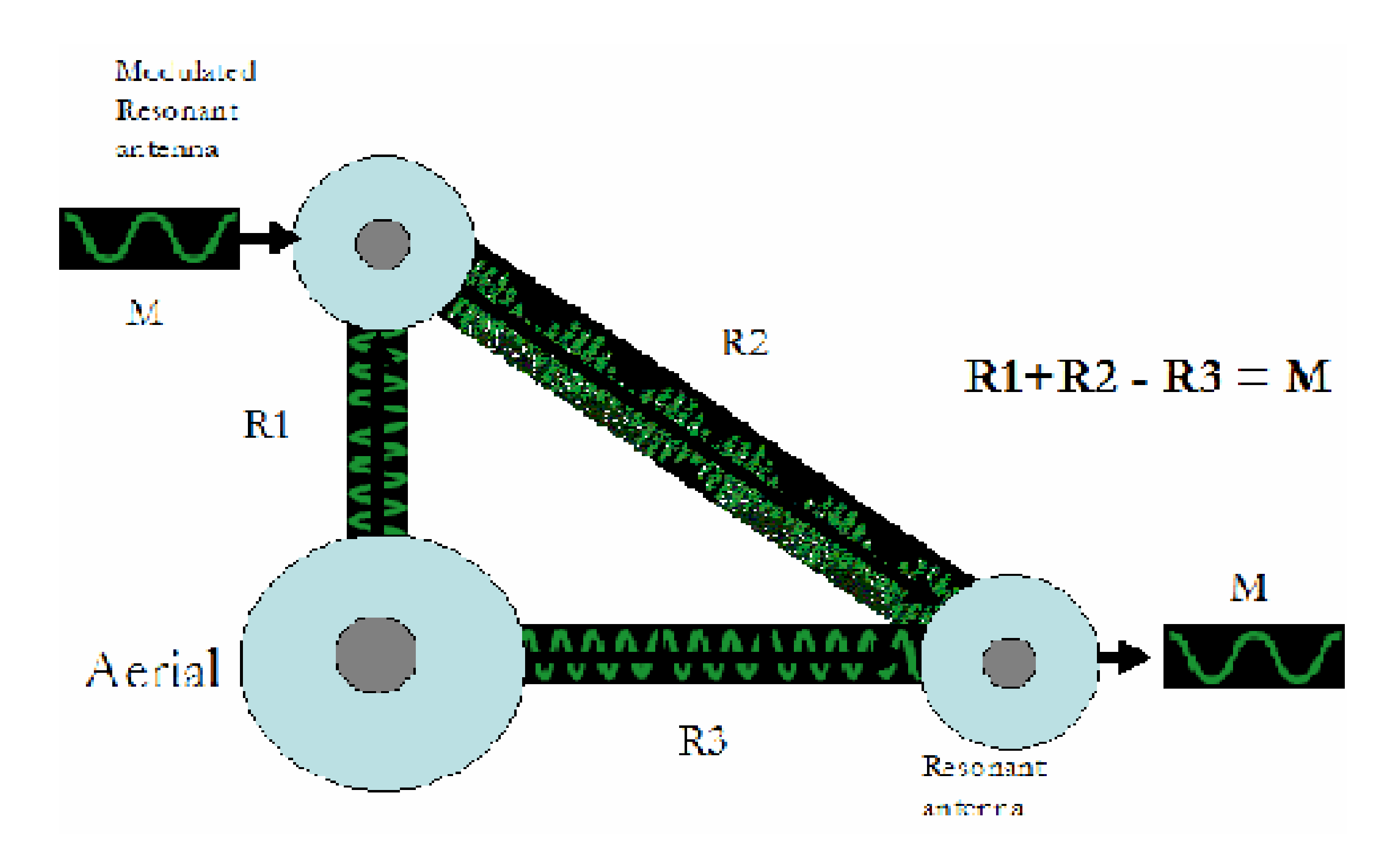


Bild 108: Versuchsanordnung zur „Unterwegmodulation" nach H. Zech [64]

This particularly experiment shows the use of dipoles to create the right phase in the signal received by the receiver



Picture showing Phase differences demodulating the signal (M)

Other ideas from Rautenfeld was to use UHF (mm. Radiation) directed at windows and then let the window itself do the modulation, this equipment have found users in the intelligence community, for bugging secret conversations.

15. Experiments on the secondary wave modulation

Then in the 70`s as TV was becoming more widespread new experiments where being tried out, here is from a article standing in the magazine The Radio Constructor in 1970

SECONDARY WAVE CIRCUITS

by

J. BRAUNBECK

The circuits and techniques described in this article form a fascinating subject for experiment. Care must, of course, be taken to ensure that no annoyance to other listeners or viewers results from their use

GENERALLY, ONE DOES NOT PAY MUCH ATTENTION to the fact that every aerial re-radiates part of the r.f. energy it absorbs from the field of the transmitter.

The same principle enables us to see things illuminated by light. Any non-black object re-radiates a part of the light it receives by illumination. We are accustomed to see luminescent objects like lamps, neon signs or stars, as well as illuminated objects, like landscapes by daylight.

If we change from light to radio waves there, too, are "luminescent" objects: the transmitters. But every operating transmitter "illuminates" every aerial and every aerial-like object within its range.

Re-radiation on a certain frequency becomes much stronger if a resonant circuit is connected to the aerial. Though similar effects were heard of in the old days of crystal sets and one-valvers, it is not well known that one can modulate the secondary radiation of an aerial by connecting it to one of the circuits described in this article. Using secondary waves one can build a transmitter which contains no oscillator. Instead of home-made r.f., one uses the ready-made r.f. supplied by existing transmitters.

Depending on wavelength and shape of the aerial, one can send signals up to 60 feet this way. That range is sufficient for experiments or for short range communication like electronic baby-sitting.

SECONDARY WAVE MODULATOR

The principle of any secondary wave modulator is shown in Fig. 1. A resonant LC circuit is connected to the aerial. If we start our experiments in the medium wave range, an aerial wire several yards long is sufficient, but longer aerials of any kind give better results. The resonant circuit consists of any radio receiver medium wave coil and a normal 365 or 500 pF variable capacitor. This circuit is tuned to the station whose carrier one wants to modulate. Signal strength of this station is not very important. While a strong station gives strong secondary waves, it also blankets the re-radiated signal a short distance from the aerial.

As may be seen from Fig. 1, there are two switches connected to the resonant circuit. Short-circuiting the variable capacitor with S1 or breaking the earth connection with S2 reduces the amplitude of the re-radiated carrier. Opening and closing one of these switches causes a crackling noise to be heard in any nearby receiver tuned to the same station. Opening and closing S1, for example, at a rate of 500 times a second would produce a tone of corresponding pitch to be heard in the receiver. In order to achieve this, S1 has to be replaced by an electronic device.

A simple circuit for single-tone modulation of the re-radiated carrier may be seen in Fig. 2. A small neon lamp takes the place of S1. Any low-voltage type without built-in resistor will do. Supply voltage is not critical as long as it is above the neon lamp's ignition voltage. Together with the 470kΩ resistor and the 0.005μF capacitor the neon lamp forms a relaxation oscillator. As the internal a.c. resistance of the neon lamp is quite low, the resonant circuit is short-circuited every time the neon fires. In the moments when the neon is non-illuminated, there is

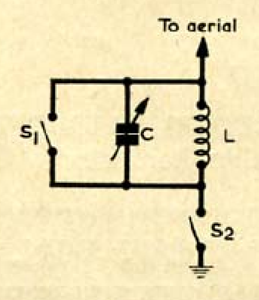


Fig. 1. Basic secondary wave modulator circuit

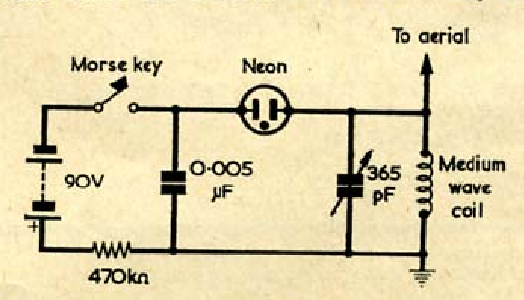


Fig. 2. A circuit providing single-tone modulation of a secondary wave

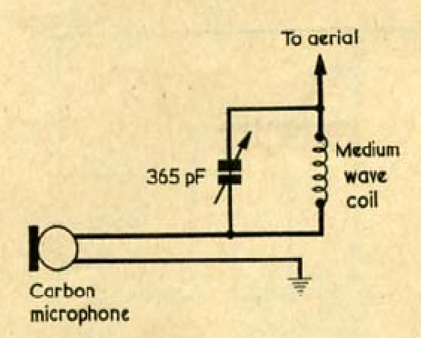


Fig. 3. Voice modulation with a carbon microphone

no shirt-circuit for the r.f. voltage.

This simple circuit is very convenient for studying the distance at which the modulated secondary wave can be heard.

AUDIO MODULATION

If one does not want a single tone only but real audio modulation of the secondary wave, this can also be done. In Fig. 3 the simplest possible audio modulator for secondary waves is shown. A carbon microphone takes the place of S2 in Fig. 1. Every sound of sufficient intensity picked up by the microphone will be heard in any nearby receiver.

While being very simple and cheap, the carbon microphone modulator does not offer a high quality of sound reproduction. If better quality is wanted, the circuit of Fig. 4 may be used. It is essentially a crystal radio with a crystal microphone connected in place of the headphones. In fact, a crystal set still existing may be directly used for this experiment. Modulation is based on the fact that input impedance of a rectifier circuit varies when a voltage source is connected to the output. The audio voltage generated by the crystal microphone affects the input impedance of the germanium diode rectifier circuit and, therefore, the amplitude of the secondary wave. If no crystal microphone is available, a single 2000Ω headset will also do nicely as a microphone. Instead of the microphone it is also possible to connect a record player pick-up to the modulator.

SHORTER WAVELENGTHS

Modulation of secondary waves is not limited to the medium wave band. Devices for shorter wavelengths are even simpler to experiment with because of the smaller aerials required. As is demonstrated

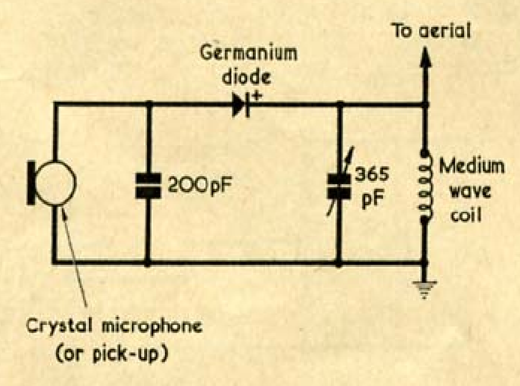


Fig. 4. Modulation circuit for use with a crystal microphone



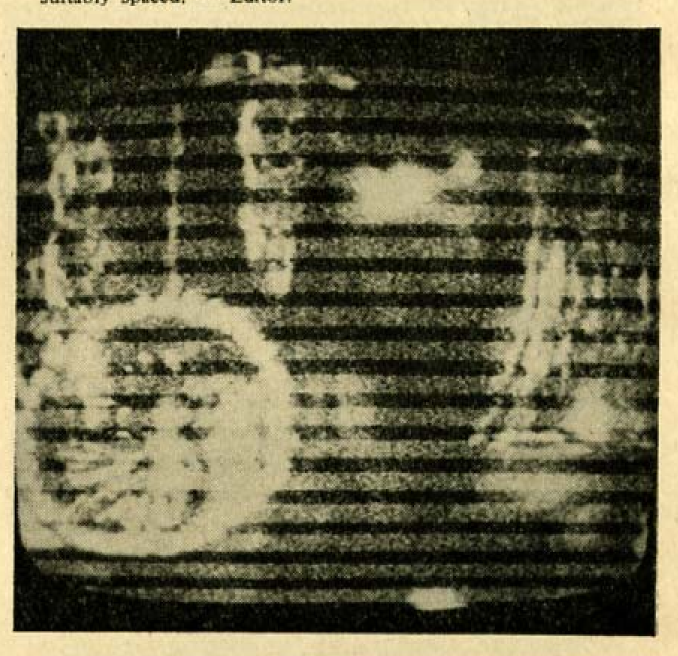
A typical example of secondary wave modulation as provided by the circuit of Fig. 6

in Fig. 5, all one needs is a folded dipole and a carbon microphone. The most convenient way to construct a folded dipole is to use 240Ω ribbon cable*.

When experimenting with v.h.f. broadcast stations, there is a minor difficulty which does not exist in the medium wave band. Broadcast transmissions in the v.h.f. range are frequency modulated, while the secondary wave circuit produces amplitude modulation. Conventional broadcast receivers for v.h.f. are designed to reject amplitude modulation. Fortunately, a receiver designed this way can sometimes be made to work as a makeshift a.m. receiver simply by tuning it a little off-station.

Propagation of secondary waves in the v.h.f. range is a very interesting subject for experimental study.

* 240Ω ribbon cable, or twin feeder, is not generally available in the U.K., and consists of two wires whose spacing (in air) is approximately 4 times the wire diameter. The dipole of Fig. 5 could, of course, alternatively be made up with ordinary wire suitably spaced. — Editor.



Another example of square wave modulation

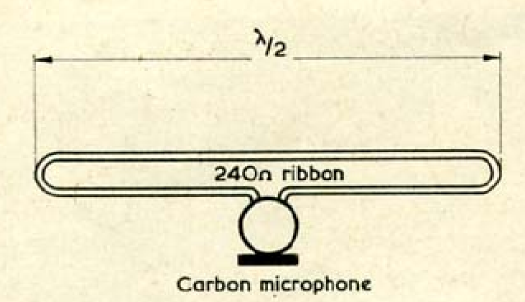


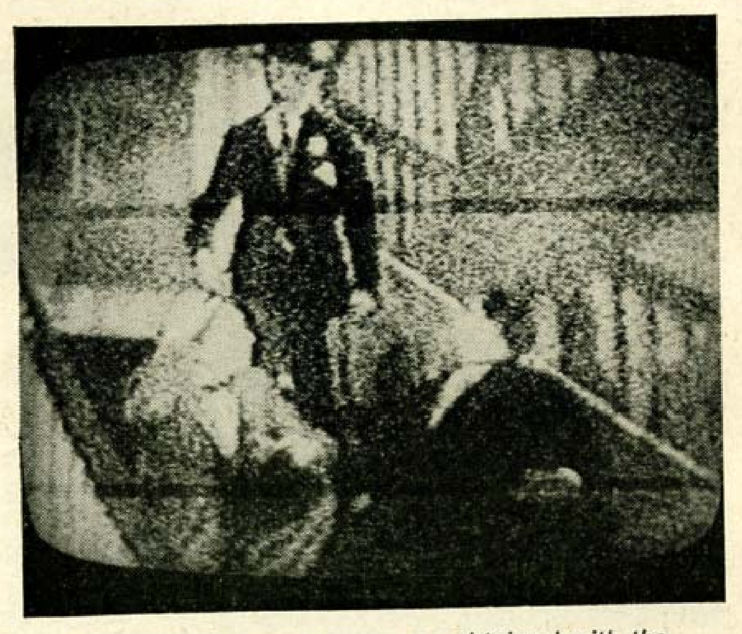
Fig. 5. Secondary wave modulator for the v.h.f. range

When experimenting with the modulator shown in Fig. 5 one will find that reception does not necessarily degrade with distance. Due to reflections and interference phenomena there may be good reception at a point well beyond what at first seems the ultimate range of the secondary wave transmitter. Best results are obtained if the secondary wave modulator picks up more v.h.f. amplitude than the receiver. This can be the case if the receiver is situated in the shadow of a building, etc.

It is interesting to note that similar devices acted a part in the drama of electronic warfare during World War II. Before the invention of the transistor they were the only transmitters which could operate without bulky power supplies. So, for spying purposes a microphone-dipole combination was hidden in the room under surveillance. An unmodulated carrier was supplied by a transmitter situated some distance away.

TELEVISION MODULATION

Seeing is believing, as an old proverb says. There is no reason why one should only hear secondary wave modulation. It is also very easy to extend the principle to television. In Fig. 6 a simple circuit is shown in which two low cost germanium transistors oscillate in multivibrator fashion, powered by a 1.5V cell. The emitter lead of one transistor couples to two general purpose germanium diodes connected in forward direction. When this transistor is in the



Asymmetric square wave, as obtained with the aid of the circuit of Fig. 7

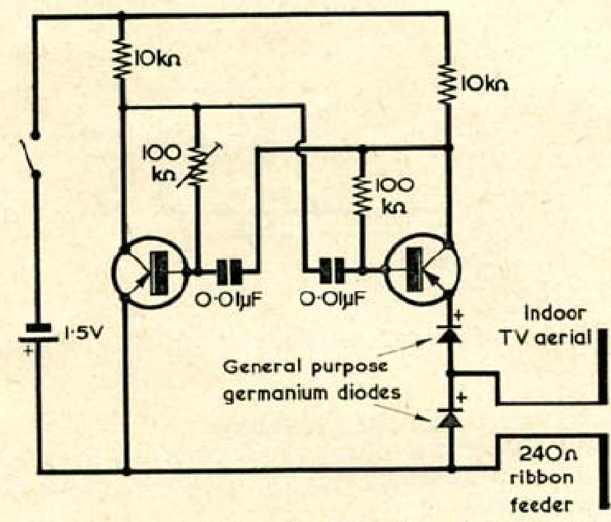
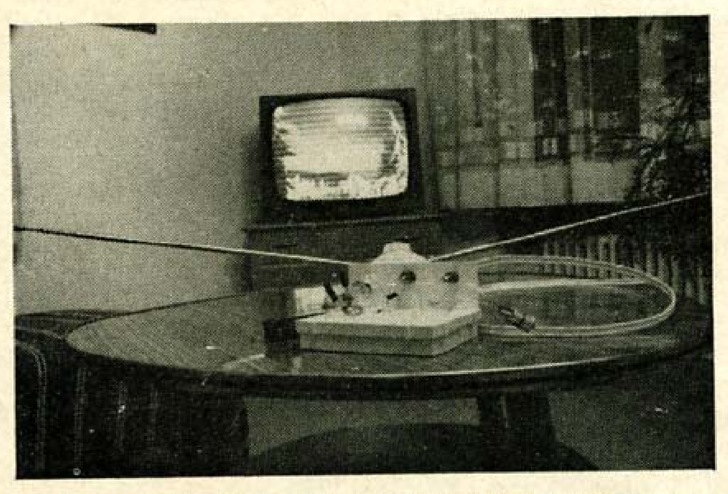


Fig. 6. A modulator for television frequencies. A suitable substitute for the 240Ω ribbon feeder shown here and in Fig. 7 would be a 300Ω flat twin feeder or, quite simply, two wires suitably spaced

"off" state both diodes represent a relatively high impedance. In the "on" state the transistor draws emitter current, which causes the impedance of the diodes to drop considerably.



An experimental set-up, illustrating a secondary wave modulator in operation

If an indoor aerial is connected in parallel with one of the diodes the multivibrator works like a periodic short-circuit. This modulates the secondary waves re-radiated by the indoor aerial. *Do not* try the experiment with an outdoor aerial. There are no tuned circuits, therefore even the experimenter

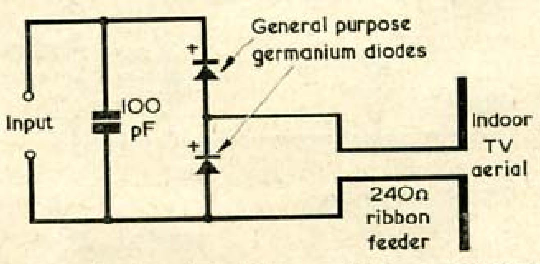


Fig. 7. A circuit which enables a television receiver to function as an "oscilloscope"

with little or no TV experience should have no difficulties. Of course the indoor aerial has to be correct for the channel chosen for experiments. One base bias resistor of the multivibrator is a 100kΩ potentiometer. By means of this potentiometer the frequency of the multivibrator may be aligned in order to obtain a standing pattern.

Typical results obtained with the modulator just described are shown in the accompanying photographs. For the TV set one should not use a large aerial, but one similar to that used for secondary wave modulation. In many areas just a piece of wire will do nicely. A practical application may be for alignment purposes similar to an ordinary bar generator.

Once one has gathered enough experience on how to modulate TV signals, the circuit shown in Fig. 7 may be employed to make use of the TV set as a simple oscilloscope. Of course one should not expect top performance for this simple circuit. Besides poor sensitivity this "oscilloscope" has the disadvantage that the signal is not displayed as a curve, but as a brightness pattern. Nevertheless it sometimes yields technical information of practical value. Another of the photographs shows the TV oscilloscope display of an asymmetrical square wave – superimposed on Stan Laurel and Oliver Hardy. ■

The results of articles like this we can see here:

DATAPUBLICATIONS LIMITED

TELEPHONE CUNNINGHAM 6141
TELEGRAMS DATABUX LONDON

57 MAIDA VALE LONDON W9

DIRECTORS J. H. BURROWS F.C.A. A. C. GEE

THE RADIO CONSTRUCTOR DATA BOOK SERIES

JRD/MS

Dr. Joseph Braunbeck,
P.O. Box 17,
CH-8280 Kreuzlingen 1,
Switzerland.

20th August, 1970

Dear Dr. Braunbeck,

I regret to have to tell you that we have received complaints from both the Post Office and the B.B.C. since publication of your "Secondary Wave" article. So far as I understand it, youngsters experimenting with the circuits have caused interference in a number of places. In one instance, interference was spread over 100 yards to a nearby block of flats with a communal TV system and resulted in completely unviewable pictures.

Sorry to be the bearer of sad tidings, and I remain

Yours sincerely,

J.R.D.

(J.R.Davies)

16. Summary

16.1. Advantages of secondary wave modulation

- No power supply!
- Cheap
- Simple
- Lightweight
- No need for maintainance

Disadvantages

- Range
- Quality

16.2. Possible uses then.

Intercom





By speaking alternately in the headphones or carbon microphone you could use your radio as an intercom

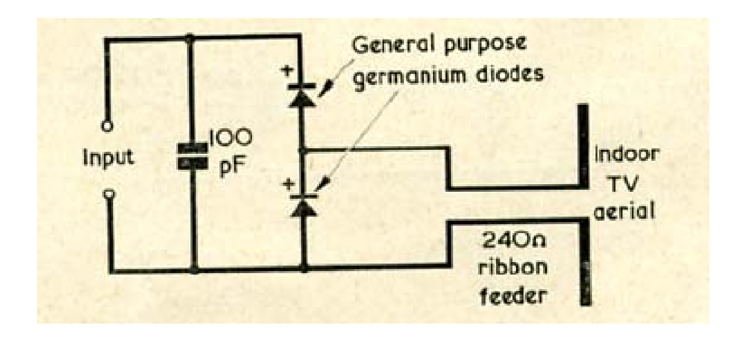
Baby Monitor





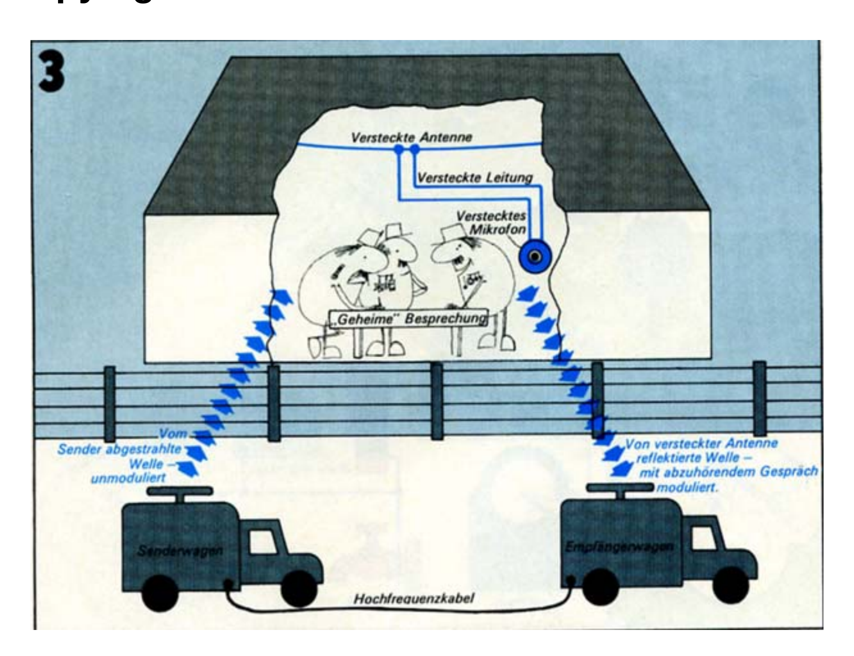
While listening to your favourite radio program, you can use the secondary wave modulation to hear when the child is crying on your own radio

Ocilloscope



By placing this device near your TV (with an old tuner) you could be able to use it as a crude oscilloscope.

Spying



By sending a unmodulated wave to a hidden microphone you would be able to listen to the conversation, no need for power, and virtually impossible to detect with normal anti bug equipment, notice the correction cable between the transmitter and receiver trucks, (to prevent jamming of the receiver).Used in the WWII

16.3. Uses today:

As radio equipment have become ever increasingly more complicated and sophisticated and auto tunings circuits better and better, secondary wave modulation have a hard life.

It's still possible to show that secondary wave modulation works on AM radios and analog TV sets which still are amplitude dependent, but otherwise secondary wave modulation have little or no practical use.

Thanks to these for help and information:

- Erstes Österreichisches Funk- und Radiomuseum
- Howstuffworks.com
- earlywireless.com
- wabweb.net/index.htm
- Radio Amature
- history.acusd.edu/gen/recording/radio.html
- www.nobel.se
- Prof Braunbeck